DOI:
张春晖 张震. 国内智能电表需求评估［J］. ****，****，**，（**）：00-00
ZHANG Chunhui ZHANG Zhen. Assessment of the demand for smart meters in China［J］. ****，****，**，（**）：00-00

国内智能电表需求评估

张春晖[1] 张震[2]
(1. 国网山东省电力公司，山东 济南 250001;2.华能济南黄台发电有限公司，山东 济南 250100)

摘 要：“十三五”期间，国网智能电表市场将迎来重大变革，其中智能电表的需求量将大幅下降，但配套设备如插拔式表箱的需求将增加。面对这一市场改变，传统电表企业需要加快电表产品多元化开发，以适应新的市场需求。一方面，除了传统的电表、终端、插拔式表箱市场外，还需要关注一些前景较大的电表市场，如统计电表+用电能耗监测+低压电网最大负荷测控系统、四表合一采集、低压计量箱及低压柜系列产品等。这些市场将为电表企业提供新的增长点。另一方面，非集中采购市场的主流产品需求也需要得到重视。这个市场的需求包括统计电表、一卡通检测插座、工业输入/输出（I/O）模块及各类监测系统、电、水、气、热、冷表一体化能耗数据管理系统等。这些产品将有助于提高电表的智能化水平，满足用户的多样化需求。此外，智能电表创新产品的开发也是未来的重要方向。这些创新产品将有助于提高电表的精度、稳定性和可靠性，提升电网的智能化水平。总的来说，“十三五”期间，电表企业需要紧跟市场变化，加快产品多元化开发，提高产品的智能化水平，以适应新的市场需求。同时，政府和企业也需要加大对电表技术创新的支持力度，推动电表行业的技术进步和产业升级。
关键词：智能电表 电网 配电网
中图分类号：TM933.4 **文献标识码：** **文章编号：**

Assessment of the demand for smart meters in China

ZHANG Chunhui[1] ZHANG Zhen[2]
(1.State Grid Shandong Electric Power Company,Jinan，Shandong 250001，China;2.Huaneng Jinan Huangtai Power Generation Co.，Ltd.，Jinan，shandong 250100，China）

Abstract: During the "13th Five-Year Plan" period, the State Grid smart meter market will usher in major changes, in which the demand for smart meters will drop significantly, but the demand for supporting equipment such as plug-in meter boxes will increase. In the face of this market change, traditional meter companies need to accelerate the diversified development of meter products to meet the new market demand. On the one hand, in addition to the traditional meter, terminal, plug-in meter box market, it is also necessary to pay attention to some promising meter market, such as statistical meter + electricity consumption monitoring + low-voltage power grid maximum load measurement and control system, four-in-one collection, low-voltage metering box and low-voltage cabinet series products. These markets will provide new growth points for meter companies. On the other hand, the demand for mainstream products in the non-centralized procurement market also needs to be taken seriously. The needs of this market include statistical meters, all-in-one card detection sockets, industrial input/output (I/O) modules and various monitoring systems, and integrated energy consumption data management systems for electricity, water, gas, heat and cold meters. These products will help improve the intelligence level of electricity meters and meet the diverse needs of users. In addition, the development of innovative smart meter products is also an important direction in the future. These innovative products will help improve the accuracy, stability and reliability of electricity meters, and improve the intelligence level of the power grid. In general, during the "13th Five-Year Plan" period, meter companies need to keep up with market changes, accelerate the development of product diversification, and improve the

作者简介：张春晖 男 ， (1938-) ， 从事电能计量技术研究 。
通信作者：张震 男 ， (1977-), 从事电能计量技术研究 721047546@qq.com

intelligent level of products to adapt to new market demand. At the same time, the government and enterprises also need to increase their support for meter technology innovation and promote the technological progress and industrial upgrading of the meter industry.

Key words: Smart meters Power grid Distribution grids

0 引言

2016年是“十三五”起步之年，“互联网+”，城市能源互联网，智能配电网建设迅速推进，对电网量测技术现代化提出了新的要求。2017年，国网将建成国际上最大的用电信息采集系统，实现全域39500万户的智能电表全覆盖。同时，随着首批智能电表进入轮换更新期，2013年版国网智能电表系列企业标准或将进行修订再出新版。由此，“十三五”期间，国内智能电表市场与技术走向，引人关注，需要适时讨论与规划。

1 ）“十三五”国网智能电表市场构成要素将有较大改变

·国网，2016年“安装智能电表6058万只，实现公司用电信息采集基本全覆盖”。据测算，国网采集用户将达到37758万户，总采集覆盖率95.5%，年新增智能电表投资230亿元。

·“十三五”后4年，国网智能电表市场要素：

新装智能电表，每年新增用户按国网总用户的4%计算，年需用智能电表1580万只。“十三五”后4年需求智能电表6320万只，投资240亿元。

智能电表推广，由普通电表更换成智能电表，包括实现用电信息采集全覆盖，趸售、代管县上划国网管理用表，每年按国网总用户的7%计算，年新增智能电表1235万只，后4年需求智能电表4942万只，投资188亿元。

智能电表轮换，从2010年首批智能电表运行算起，估计运行周期达到8年的表计将进行轮换更新。每年按国网总用户的2%计算，年需用智能电表790万只，后4年需求智能电表3160万只，投资56亿元。

·以上合计，“十三五”期间，国网将累计需用智能电表20470万只，每年平均需求4094万只，比“十二五”年平均需求量6000万只，下降31%。“十三五”期间，国网智能电表合计投资714亿元。

·再是，智能电表配套设备：插拔式表箱。“十三五”5年国网新装插拔式表箱，按国网总用户的12%计算表位，共需用插拔式表箱4740万表位，合计投资71亿元。

2 ）加快电表产品多元化开发，适应市场改变新需求

近7年，传统电表企业主要面向国网、南网智能电表集中招标市场，用心保障计量产品质量，企业因市场稳定，新产品需求不旺而受益、发展。面对“十三五”这些新情况，传统电表企业需要思考与部署电表产品多元化开发，去培育与拓展新的市场。

根据国网智能电表全面应用和用电信息采集系统建设进入后期的进程，从2015年9月起，本文作者陆续撰写有关智能电表市场前景预测与对策方面的文稿，主要有：

·2015年9月，《2015年及以后，传统电表企业发展的市场前景》。

·2015年《配电网建设改造行动计划（2015-2020年）中量测技术需求评估》。

·2016年4月，由“电网量测技术微信公众号”发布《智能电能计量系统技术初探》。

汇总以上文稿并结合近期计量新产品需求，本文作者提炼出未来几年电表产品多元化开发项目，包括：

一是，除电表、终端、插拔式表箱三个基本市场，还有哪些前景可期，相对大一点的电表市场？

·统计电表+用电能耗监测+低压电网最大负荷测控系统。参考产品：ABB公司，全球首款Emax2 低压断路器及其低压电力负荷测控系统。

·“四表合一采集”，建议推进网格社区供水漏损计量管理，开发供水智能终端。同时，可参照推出供气供热智能终端。

·低压计量箱及低压柜系列产品

·数字电表及计量柜系列产品

·电动汽车充电桩电能表

·光伏并网电能表及在线监测系统

·农村机井用电计量及预付费系统

·基于IEEE1459——2010标准的用户谐波电能能耗评估测试仪

·新型互感器组合式、低损耗配电变压器，包括非晶合金配电变压器，高过载能力配电变压器，调容调压配电变压器。

二是，非集中采购市场的主流产品需求

非集中采购市场的自采购用户，包括非国网、南网管理的县级供电企业，地市供电企业（非集中招标产品），油田，矿业，高压专变用户，低压工商户，大型会馆工程，高等院校，县级及以上大型医院、高/中档酒店等。

非集中采购市场的主要计量产品需求：

·统计电表，包括单相/三相导轨电表，转接式智能插座，面板式智能插座、电力转接用计量插排。与统计电表配套的远程抄表系统。

·一卡通检测插座，具有电能计量、插卡预付费功能。

·工业输入/输出（I/O）模块及各类监测系统

·电、水、气、热、冷表一体化能耗数据管理是系统。

·油田用计量产品，高压灌装免维护宽量程计量箱，抽油机远程监测及系统。

·矿业用高安全性的电能表、计量箱，低压配电监测与控制系统。

·水源井远程监测与控制系统。

·机房动力环境监测与控制系统。

·路灯智能控制系统。

三是，智能电表创新产品，将在本文第3）部分作专题叙述。

3 ）对智能电表产品创新开发的期望

汇总国网智能电表系列企业标准2009年版，2013年版的应用经验，参照《智能电能计量系统技术初探》，本文作者提出“十三五”期间国产智能电表创新产品开发项目的建议：

一是，智能电表改用全功率算法进行设计

三相智能电表全功率设计，按非正弦波的有功功率，无功功率，畸变功率和视在功率计算。主要参照标准IEEE1459-2010，国际上参考产品：GE公司的KV2C™三相电表，具有畸变功率因数计量功能。

单相智能电表全功率设计，按正弦波的有功功率，无功功率和视在功率计算。

智能电表为何要采用全功率设计？

·据大用户现场抽测数据，60%的大用户，三相电压谐波含有率在5%以内，不超标。但是三相电流谐波含有率严重超标，就是说大用户的畸变功率分量很大，畸变功率因数很低，由畸变功率引起线损分量增长。现有的三相电能表不能正确反映出谐波功率影响量，无法为制定抑制谐波功率的电价政策提供计量数据。

·单相智能电表采用全功率计算，可以考核有功功率与无功功率计算的正交性。现有单相智能电表，只要求计量有功电能，不能反映居民小区无功功率分布，无功功率对配变台区线损的影响。

智能电表采用全功率设计，可以保障计量数据可靠性。在某项计量数据因干扰丢失后，可以由表计进行数据自补算。

二是，研究建立国产智能电表计量全性能指标体系，适应不同或复杂环境的计量需求。

根据IEC/国标静止式电表标准，IR46电能电表国际建议的要求，参考国内“电网关口计量主表全性能研究”课题的初步研究成果，国产智能电表计量全性能指标体系，包括：

·电压回路临界电压由参比电压的60%，拓展到参比电压的20-30%。

电压回路重新启用开关电源设计：

现有国网智能电表功能规范Q/GDW1354-2013标准规定：“临界电压，电能表能够启动工作的最低电压，此值为参比电压的60%”。由此，国网智能电表电压回路采用变压器设计。从多年应用情况来看，变压器设计工作稳定，但是表计低电压工作范围太窄，不适应三相四线制电路严重不对称运行的计量需求，过电压承受能力较差，整表重量太重。

目前，国际上和出口的国产电表，大部采用电压回路开关电源设计，电压工作范围最低用于参比电压的20-30%，整表重量很轻。10年前，国内电子式电表曾经采用过开关电源，主要问题是开关电源可靠性不高，电压回路谐波含有率超标，价位相应偏高。这些问题，经过长期的设计改进，基本都已经解决。

·电流回路基本误差曲线要平直，测绘从启动电流到1.2Imax（功率因数为1）的误差曲线，考核该曲线误差带的宽度，误差带中线偏离表计误差零轴线的距离要求。

极低负荷计量误差曲线，参照IR46的要求，测绘由启动电流、最小电流到转折电流的误差曲线。

参考设计经验：

由威胜集团公司研究推出《复化Newton-Cotes积分算法在电能计量中的应用》，用以平直有功功率的电流基本误差曲线技术。

平坦无功功率的电流基本误差曲线方面，据电表专家在网上表述：威胜集团公司研究研发的瞬时

点积无功功率算法，可以达到有功功率点积计量效果。

借鉴进口高端电表低负荷计量技术，研究采用零磁通电流互感器。

·0-360°功率因数（在参比电压，参比电流下）误差曲线要平坦。

据2009年有关计量部门测试：

90°±0.5°，进口高端电表有功计量误差最优为±0.6%，最差为±3%，而国产高端电表有功计量误差为±10%。

0°±0.5°，进口高端电表无功计量误差最优为±0.7%，最高为±11%。

国产高端电表有些无功计量数据不稳定。

为控制功率因数小于0.25特别是90°±0.5°时表计有功误差，可参照威胜集团公司研究提出《一种高精度动态的角差补偿算法》技术。

·引入组合最大误差概念与评估方法

IR46，建议由基本组合最大允许误差评估，就是由基本最大允许误差加上由影响量引起的误差改变，用以考核表计整机计量性能。

组合最大误差测试方法有2种：

·假设组合最大误差是有效的高斯分布，IR46推出组合最大误差评估计算公式。

·假设高斯分布不再有效，而影响量是一个矩形分布，另有组合最大误差评估计算公式。

·用电负荷功率因数需要统一算法

大用户的功率因数计算，涉及电网与大用户之间“功率因数电费调整办法”的正确、合理实施。

现有国网《智能电表功能规范Q/GDW1354-2013》标准，只提出“功率因数超下限”,“总功率因数超下限”2次事件记录的规定，超下限阀值整定范围为0.2-0.6。

三相大用户的三相四象限功率因数算法较为复杂，目前还有争议，国产智能电表标准需作统一规定。

·分相功率因数算法

正弦波下，功率因数等于有功电能除以“有功电能与无功电能”的方、和、根算法。

非正弦波下，功率因数等于有功电能除以视在电能（或电压×电流的积分）算法。

·三相总功率因数算法，需作专题讨论。

三是，单相智能电表需要设计多个准确度等级，重新核定误差极限

现有国网《单相智能电表技术规范Q/GDW，1364-2013》规定，“单相智能电表准确度等级为有功2级。电能表误差极限±1.0%（0.1Ib≤I≤Imax），功率因数为1，出厂误差应控制在误差极限值的60%以内”。

国网拥有单相用户35900万户，单相智能电表准确度只有有功计量2级，不合适。

目前，城市居民每月最多用电量与农村居民最少用是要差60-100倍。同时，防窃电需从单相智能电表1千瓦时抓起。本文作者建议：国产单相智能电表需设计0.2、0.5、1、2级4个准确度等级，分别用于月用电量500千瓦时及以上、200千瓦时及以上、100千瓦时及以上、100千瓦时以下4类单相用户。

同时，0.2-1级单相智能电表，需设计典型日负荷曲线记录，用于协助分析用户用电量异常情况。

单相智能电表的误差极限要求，需与表计准确度等级一致起来，比较合理。

四是，简化表计类型，智能电表内置开关容量提升到100安。

由国网智能电表功能规范与技术规范规定，1和2级智能电表具有表计类型25个，开关内置5（60A）/1.5（6）安，开关外置10（100）安。

如将智能电表内置开关提升到100安，可以去掉外置开关这项分类，1和2级智能电表类型可以减少近50%，相应的减少表计库存，简化智能电表安装、更新作业程序。

国网智能电表标准将开关内置订在60安，额定值偏低。估计考虑大电流容易烧表，国产内置开关品质不过关两个方面的因素。本文作者建议，要批量引进国际上的120安内置开关，倒逼国产内置开关提升100安的产品质量。关于大电流易发热、引发计量故障，究其原因，大都是用铝线或用的铜线材质不良，表计接线端孔不圆或压接结构有问题。这些问题，只要用心按规定选用线材，改进表计端钮盒设计，加强表计安装质量管理，都是不难解决。

五是，重点研究国产智能电表如何走上高品质开发台阶

·从智能电表可靠性预测技术热点说起

近几年，在国网智能电表集中招标中，智能电表可靠性预测报告是必须提供的投标文件。专业期刊经常刊登智能电表可靠性预测与验证试验的文稿。

2016年6月，在银川市召开的《电网关口计量主表全性能研究》课题技术交流会议指出：

目前，国际上已经形成较完整的电表可靠性预测标准。经查证：智能电表可靠性预测的国标GB/T17215、941-2012/IEC62059-41：1996的重点：智能电表可靠性预测的应力模型，即参比条件下的失效率转化为工作条件下失效率的元器件应力模型，主要参照IEC61709。同时元器件失效率数据的参考手册，主要有西门子公司SN29500元器件失效率技术规范和IEC62380-2004可靠性数据手册。

据兰吉尔表计（珠海）公司、湖北省电科院《电子式电能表寿命估计与长寿命电能表的应用》文稿叙述：

SN29500更适合电力电工、自动化、仪器仪表行业对电子产品进行可靠性评估，其数据的置信度获得广泛的认可，并作为IEC61709标准的基础。

英国燃气和电气行业监管机构（OFGEM）是目前唯一依据SN29500标准对电能表和气表等计量仪表进行可靠性评估与试验的国际专业认证机构。主要做定时定数截尾可靠性环境模拟试验，根据截止试验时间和累计失效率，来验证可靠性曲线在试验寿命点上的理论数据的置信度。如可靠性试验的结果与理论分析吻合，说明该产品的寿命曲线是可信的。

早在2004年，兰吉尔的英国分公司生产的5235A型5（100）A，1级电子式电表，由OFGEM颁发20年长寿命证书。

据了解，目前国内智能电表可靠性预测应用研究，主要参照国标GB/T17215、941-2012/IEC62059-41：1996和GJB/Z299C，其组合应用水准与IEC61709和SN29500标准组合应用，还有较大的差别，基本迎合国内智能电表低价位、优选普通电子元器件、具有中档品质的要求。关于智能电表有效寿命评估技术研究，还未见到相关的报道。

·共同的行业担当。从2005年起，国产电子式电表已经统领国内电表市场，预计2016年国内将销售智能电表9000万只左右，出口电表4700万只。但是，由于国产电表的计量性能特别是品质因素和国际认证的低要求，国产高端电表难以进入国际高端市场。由此，国产智能电表如何按高品质设计与销售，是电表行业创新发展的一项重点任务，更是电表企业、电网计量部门共同的行业担当。

·加快智能电表可靠性技术管理系统研究

“十三五”期间，国产智能可靠性研究的重点，要由可靠性预测转向可靠性技术管理系统研究，特别要关注中国电表企业电能表可靠性技术体系的研究与建设。

据了解，智能电表可靠性技术管理具有广泛、深入的研究内容，主要包括智能电表现场数据，早期失效，产品可靠性设计，产品可靠性预测，表计可靠性考核，计量特性稳定性试验等多个环节。

2016年6月，《电网关口计量主表全性能研究》课题技术交流会议提出：目前，智能电表可靠性重点抓紧的研究项目：

汇集并翻译IEC62059系列标准引用电子设备可靠性领域相关国际标准12项，特别IEC61709和SN29500标准。

抓紧国产智能电表、终端元器件失效率数据库的建设，要以SN29500标准为基线，将国产/进口元器件失效率分档次建库引用。

按实用、可信、促进表计品质升级的原则，开展智能电表可靠性预测与验证测试两类（国际、国内）方法比较或互补的研究，选定优化的智能电表预测典型方案。

进而开展智能电表有效寿命评估方法及验证测试技术研究，建立具有权威的智能电表可靠性测试机构。

开展智能电表计量特性稳定性试验研究

研究提出与实施中国电表企业电能表可靠性技术体系建设，目前包括：智能电表现场运行数据汇总，表计早期失效预防措施，产品可靠性设计（特别是降额设计、热设计、容量设计），产品的生产工艺、测试、包装、运输、安装等环节质量控制措施，表计可靠性加速试验，表计有效寿命评估及验证测试，表计计量特性稳定性试验及表计可靠性标准系列、可靠性信息化网络和表计制造全过程可靠性智能决策系统。

六是，继续合作研究具有国际高端电表品质水准的新型国产高端电表

·近期，《电测与仪表》刊登北京/洛阳斯瑞埃尔公司推出的0.05级安装式标准表，采用超高精度全硬件失量TDM乘法器，内置两种精度小于0.0001%误差计算器。其应用之一是用于电网关口表远程校验系统，替代电网关口副表对三相关口主表、大用户表在线适时监测。

结语

本文作者建议，将0.05级安装式标准表，与电网关口主表、副表并列挂网运行，考核现有电网关口主表（进口）、副表（国产）的变差，为国产高端电表设计改进提供24h计量变差数据。

·2016年5月，本文作者的文稿《国产高端电表为何久久未能进入电网关口计量主表地位？》，提出继续合作研究国产高端电表如何进入电网关口计量主表地位的具体做法：

现有电网关口计量主表全性能测试技术再研究。

·计量性能测试技术，重点是计量稳定性考核方法，按IR46要求进行极低负荷计量误差定量测试及表计组合最大误差计算。

·电表可靠性技术，采用IEC61709和SN29500标准进行表计可靠性预测研究应用。

·进口高端电表设计特征研究

由省级电网电科院、大型电表企业和本文作者合作研究：参照进口高端电表品质水准，制定电网关口计量主表技术要求。

·倡导电表行业向高端计量发展，大型电表企业与电网计量部门都要有行业担当。大型电表企业要增加新型国产高端表开发的人才与资金投入，研发出具有国际高端电表质量水准的新型国产高端电表。电网计量部门要安排新型国产高端电表与进口高端电表并列挂网运行，进行表计比对测试、考核与设计改进。期望新型国产高端电表早日进入电网关口计量主表地位。

参考文献

[1] 张春晖 张震 国内智能电表需求评估